Die

chemischen und hydrographischen Verhältnisse der fränkischen Keuperformation.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

von

Max Lechler.

Erlangen 1892.
Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535708_0170

Wenn einer der hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Geologie, Karl Gustav Bischof, in der Vorrede zu seinem „Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie“ es beklagt, dass man so häufig bei geologischen Forschungen die Gesetze der Chemie und Physik und die Mitarbeiterschaft des praktischen Chemikers entbehren zu können glaube, so dürfen wir heutzutage mit Genugthuung konstatiren, dass diese Verirrungen der Geschichte der Geologie angehören. Die Chemie wird als unentbehrlichste Hülfswissenschaft von den neueren Geologen hochgeschätzt und vielfach in Anspruch genommen, und die Tagesliteratur verzeichnet eine stattliche Anzahl kleinerer und grösserer Arbeiten chemisch-geologischer Natur.

Vor allem sind es die Wechselbeziehungen zwischen den die einzelnen Formationen zusammensetzenden Gesteinen und den daraus entspringenden Quellwässern, die das Interesse des praktischen Chemikers von jeher in hohem Grade in Anspruch genommen haben, und zahlreiche, ebenso interessante als wertvolle Abhandlungen in Lehrbüchern und Fachzeitschriften sind ein Zeugnis für die erfolgreiche Bearbeitung dieses Gebiets. Einen bescheidenen Beitrag zu dem schon vorhandenen Material zu liefern, ist der Zweck dieser Arbeit, deren praktischer Teil in dem Laboratorium des Herrn Hofrat Professor Dr. Hilger in Erlangen ausgeführt wurde. Es ist mir eine angenehme Pflicht, diesem meinem hochverehrten Lehrer für die mir bei meiner Arbeit gewährte gütige Unterstützung auch an dieser Stelle aufrichtig und herzlich zu danken.

Wie schon aus der Überschrift hervorgeht, habe ich die chemischen und hydrographischen Verhältnisse der Keuperformation zum Gegenstande meines Studiums gemacht und dabei speziell die fränkischen Formationen ins Auge gefasst, da dieselben einerseits in Erlangen selbst mit ihrem obersten Gliede, dem Stubensandstein, zu Tage treten und andererseits in ihrer Entwicklung von unten nach oben, von der Lettenkohlengruppe bis zum Infra-Lias, in verhältnismässig geringer Entfernung von Erlangen leicht

studiert werden können. — Was die von mir benützte Literatur betrifft, so habe ich ausser einigen kleineren Arbeiten, die ich an Ort und Stelle zu nennen mir vorbehalte, hauptsächlich die von Professor Niess in Hohenheim veröffentlichten „Beiträge zur Kenntnis des Keupers im Steigerwalde“ meiner Abhandlung zu Grunde gelegt, da dieselben in besonders eingehender und erschöpfender Darstellung die gesamten Verhältnisse der fränkischen Keuperformation behandeln.

Über die geographische Verbreitung des uns hauptsächlich interessirenden süd- und mitteldeutschen Keupergebietes sei in Kurzem bemerkt, dass dasselbe bei Basel beginnt, sich durch Württemberg und die fränkischen Kreise in grossartiger Ausbreitung bis zum südwestlichen Rande des Thüringer Waldes hindurch zieht, unter den jüngeren kalkigen Ablagerungen des Frankenjura ununterbrochen fortsetzt und in dem schmalen Strich zwischen dem letzteren und dem weiter im Osten aufragenden Urgebirge des Fichtelgebirgs und des ostbaierischen Grenzgebirgs von Koburg bis Regensburg wieder zu Tage tritt. — Während der alpine Keuper durch seinen Reichtum an Steinsalz- und Erzlagern, sowie durch beachtenswerte Kohlenlager sich auszeichnet, sind im ausseralpinen Keuper die zum Teil prächtigen Bausandsteine technisch die wichtigsten Produkte; für die Landwirtschaft insbesondere sind die „fetten, milden“ Mergel von grosser Bedeutung, da sie einen für Korn- und Weinerzeugung sehr geeigneten Boden liefern. Wo die Mergel im Keupergebiete fehlen, ist das Land wenig fruchtbar; wo sie sich finden, verbessern sie den Boden selber oder werden zur Verbesserung der sandigen Böden vielfach benützt, wie z. B. bei Erlangen.

Die nun folgende Besprechung der geologischen Entwicklung der Keuperformation basiert auf dem von Professor Niess für den fränkischen Keuper aufgestellten Profile. Die Resultate der von mir und Anderen ausgeführten Analysen der verschiedenen Keuperschichten werde ich an der betreffenden Stelle als Erläuterung des Gesagten folgen lassen:

Der Keuper ist das oberste Glied der Triasformation. Den Übergang von dem Mittelglied derselben, dem Muschelkalk, zum Keuper bilden die Schichten der sogen. Lettenkohle („Kohlenkeuper“), die zwar nicht sehr mächtig sind, aber einen sehr ausgebreiteten geognostischen Horizont darbieten. Sie beginnen mit dunkeln, oft stark bituminösen Schieferthonen, an deren Stelle lo-

kal ein schiefriger, grauer Sandstein ausgebildet ist, der wie jene Mergelschiefer Pflanzenabdrücke (namentlich Equisetaceen) enthält. Allmählich gehen diese Schieferthone in die eigentliche „Lettenkohle“ über, eine schwache, weiche, fettige Kohle, die übrigens nur ein geringes Brennmaterial darstellt. Mergelschiefer, Brandschiefer, Lager von Gips und dolomitischen Mergeln wechseln häufig mit den Lagern dieser Lettenkohle ab. Das oberste Glied dieser Gruppe ist ein Dolomit und direkt auf diesem sind die Keuperbildungen gelagert. Dieser sogen. Grenzdolomit ist grau bis rotbraun und bald ein förmliches Konglomerat von Myophoria Goldfussii, bald fest krystallinisch, bald erdig. Demgemäss ist auch seine chemische Zusammensetzung eine äusserst schwankende: Vom typischen Dolomit bis zu Bildungen, deren geringer Magnesiagehalt den Namen „Dolomit“ gar nicht rechtfertigt, sind zahlreiche Übergänge vorhanden, welche durch die Resultate nachfolgender Analysen deutlich genug illustriert werden:

Grenzdolomit von:

	Löwenstein (Württbg.) anal. von Gmelin	Dürrfeld (Franken) anal. von v. Bibra	Waiblingen (Württbg.) anal. von Gmelin	Schwebheim anal. von v. Bibra	Kleinlangheim anal. vom Verfasser	In 10% HCl:	
						unlöslich	löslich
$CaCO^3$	53,86	55,3	57,81	34,53	86,12	—	86,12
$MgCO^3$	**42,32**	**37,0**	**32,41**	**24,72**	**6,13**	—	6,13
Al^2O^3	Spur	1,4	Spur	5,70	0,74	0,19	0,55
Fe^2O^3	0,22	1,2	4,27	3,60	2,09	0,28	1,81
Sand und Silikat	1,42	2,6	2,73	17,20	SiO^2 2,56 $CaSO^4$ 1,16	2,20 —	0,36 1,16
H^2SO^4	—	0,3	—	1,35	Na^2O 0,84	0,46	0,38
H^2O	0,62	1,2	0,38	2,10	K^2O 0,69 H^2O 0,70	0,03 —	0,66 0,70
Chlor und Verlust	—	1,0	—	0,41	Cl u. P^2O^5 in Spuren	—	Cl u. P^2O^5 in Spuren
	98,44	100,00	97,60	89,61	101,03	3,16	97,87

Die dem Grenzdolomit aufgelagerten Keuperbildungen sind in ihrer Entwicklung von unten nach oben angeordnet wie folgt:

I. Gipse und bunte Letten in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 33 Metern.

Der Gips bildet bald grossartige, selten unterbrochene Lagen, bald nur kleinere Einlagerungen („Nester") und Schnüre, welche die Mergel durchsetzen; selten ist er rein weiss; meist grau bis rot gefärbt.

Die bunten Mergel sind die bedeutendsten und charakteristischsten Schichten der Keuperformation. In allen Niveaus des Keupers petrographisch sich völlig gleich bleibend, haben sie ihren Namen von den mannigfachen, zum Teil sehr lebhaften Färbungen, die den zu Tage tretenden Schichten oft ein so buntes und eigenartiges Aussehen verleihen. Was die Anordnung bezw. Verteilung der verschieden gefärbten Bildungen betrifft, so findet man bald einheitlich gefärbte Partieen, die durch schroffen Farbenwechsel von den darunter oder darüber liegenden Schichten sich abheben, bald aber auch allmähliche Übergänge der einzelnen Farbentöne in einander oder netzadrige Fortsätze der einen Schicht in die andere. Das färbende Prinzip ist in allen Fällen das Eisen; die grüne Färbung vieler Mergel ist nach Quenstedt die Folge eines Desoxydationsprozesses, veranlasst durch organische Bestandteile des die Mergel durchsetzenden Wassers. Die chemische Zusammensetzung der Mergel variiert übrigens bedeutend; bald sind sie so reich an Calcium- und Magnesiumkarbonat, dass sie als „dolomitische Mergel" bezeichnet werden, bald treten jene beiden Bestandteile zu Gunsten eines Aluminiumsilikates ganz zurück. Nachfolgende Analysen mögen als Beispiele für das eben Gesagte hier einen Platz finden:

	Dunkle Varietät von Heilbronn anal. von Keller	Graugrüne Varietät von Grettstadt anal. von v. Eibra	Rote Varietät von Stuttgart anal. von Gmelin	Braune Varietät von Stuttgart anal. von Gmelin	Braunrote Varietät von Opferbaum anal. vom Verfasser In 10% HCl: unlöslich	löslich
Sand, Thonerde etc.	50,6	32,5	72,84	87,98	SiO^2 51,18	0,84
$CaCO^3$	8,6	26,5	0,90	6,48	—	3,68
$MgCO^3$	**25,5**	**13,8**	**11,66**	**7,24**	—	**0,33**
Al^2O^3	13,1	9,9	4,40	0,86	CaO —	1,16
Fe^2O^3		11,7	13,50	1,36	Al^2O^3 13,18	6,21
$CaSO^4$	0,6	—	—	—	Fl^2O^3 2,23	3,07
H^2O	1,8	5,3	—	—	Na^2O 1,43	2,13
NaCl	0,5	Spur	—	—	N^2O 1,46	0,74
					$Cl_1P^2O_1{}^5$ SO^3 —	Spuren
					H^2O —	12,98
	100,7	99,7	103,30	103,92	69,48	31,14

Auf die eben besprochene Etage der Gipse und bunten Mergel folgt die

II. Bleiglanz- und Myophorienbank,

welche nach den von Niess vorgenommenen Messungen zwar nur ca. 0,3 Meter mächtig ist, aber dennoch einen sehr konstanten Horizont im Keuper bildet. Während die obere Bank, welche durch ihre Mineraleinschlüsse (hauptsächlich Bleiglanz) ausgezeichnet ist, von einem mehr oder weniger silikatreichen Dolomit gebildet wird, ist die durch eine dunkle Mergellage davon geschiedene untere Bank mehr kalkiger Natur und bildet das Hauptlager der Versteinerungen, von denen die grösste — Myoforia Raibliana — dieser Schicht ihren Namen gegeben hat. Leider liess sich in dem mir zur Verfügung gestellten, aus der Bleiglanzbank von Hüttenheim und Opferbaum stammenden Material auch nicht die geringste Spur irgend welchen Schwermetalles nachweisen, wie auch die unten aufgeführte Analyse einer unsrer Bleiglanzbank identischen Schichte des Heilbronner Tunnels Schwer-

metalle — abgesehen natürlich vom Eisen — nicht aufweist: No. 1, 2 und 3 vom Verfasser, No. 4 von Keller analysiert.

	1.		2.		3.		4.
	Bleiglanzbank von Opferbaum In 10% HCl:		Bleiglanzbank von Hüttenheim In 10% HCl:		Myophorienbank von Opferbaum In 10% HCl:		Bleiglanzbank von Heilbronn
	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	
SiO^2	51,18	0,84	4,80	0,26	0,92	0,55	6,05
$CaCO^3$	—	3,68	—	50,68	—	40,36	37,24
$MgCO^3$	—	0,33	—	38,51	—	34,86	27,90
CaO	—	1,16	—	—	—	0,52	—
Al^2O^3	13,18	6,21	0,70	0,97	0,34	1,18	} 2,15
Fe^2O^3	2,23	3,07	0,17	0,63	0,12	1,04	
$CaSO^4$	—	Spuren	—	Spuren	—	13,38	25,49
$Ca^3(PO^4)^2$	—	Spuren	—	0,26	—	Spuren	—
Na^2O	1,43	2,13	0,03	0,66	0,09	1,65	—
K^2O	1,46	0,74	0,87	0,43	0,21	0,73	—
Cl	—	Spuren	—	—	—	Spuren	Spuren
H^2O	—	12,98	—	0,87	—	3,47	1,16
	69,48	31,14	6,57	93,27	1,68	97,74	99,99

Anmerkung: Der grosse Gipsgehalt in No. 4 erklärt sich durch einen lokalen Vergipsungsprozess.

Der Charakter der nun folgenden Schichtengruppe ist im Grossen und Ganzen derselbe, wie bei der I. Keuperetage; wir haben auch hier wieder

III. bunte Mergel mit Gips und einzelnen Steinmergelbänken;

doch tritt der Gips, nachdem er noch einzelne mächtige Lager, teils für sich, teils in Verbindung mit bunten Letten gebildet hat, allmählich ganz zurück und macht bunten Mergeln Platz, in denen als Vorläufer der folgenden Gruppe schon Einlagerungen kleiner, dünner Sandsteinschichten sich finden, die nach oben immer mächtiger, kompakter und quarzreicher werden. — Von den oben genannten Steinmergelbänken, die in dieser Etage besonders zahlreich sich finden und meist petrefaktenlos sind, ist eine besonders

ausgezeichnet durch ihren grossen Reichtum an Versteinerungen, vor allem Fischschuppen und einer noch nicht näher bestimmten Estheria-Art, nach der auch wohl diese Schicht „Estherien-Bank“ genannt wird. Die folgende, von mir ausgeführte Analyse eines aus dieser Estherienbank stammenden Steinmergels gibt zugleich auch ein annäherndes Bild von der chemischen Zusammensetzung dieser Steinmergel überhaupt:

	Estherienbank von Schwanberg In 10% HCl	
	unlöslich	löslich
SiO^2	35,24	0,89
$CaCO^3$	—	24,54
$MgCO^3$	MgO=0,18	17,97
CaO	—	0,21
$Ca^3(PO^4)^2$	—	0,50
Al^2O^3	6,26	6,38
Fe^2O^3	1,14	1,10
Na^2O	1,23	0,25
K^2O	2,13	0,53
Cl	—	Spuren
H^2O	—	1,37
	46,18	53,74

Mit dem Abschluss dieser ca. 150 Meter mächtigen III. Gruppe der Keuperbildungen treten wir in das Gebiet der bauwürdigen Sandsteine ein, deren hohe technische Bedeutung wohl am besten daraus erhellt, dass sie eine Reihe grösserer deutscher Städte, wie Stuttgart, Nürnberg, Bamberg, Bayreuth, Fürth, Erlangen, Koburg u. s. w. nahezu ausschliesslich mit vorzüglichem Baumaterial versorgen. Als unterste abbauwürdige Keupersandsteinbildung tritt uns entgegen der

IV. Schilfsandstein mit einzelnen Lettenbänken.

Die unterste Lage dieser ca. 7 Meter mächtigen Etage besteht aus einer etwa 2 Meter mächtigen Sandsteinbildung und auf dieser entwickeln sich dann in regelmässiger Wechsellagerung Schichten von sandigen Letten und Sandsteinen. Auch in den mächtigeren, abbauwürdigen Lagern ist der Schilfsandstein stets

durch schwächere oder stärkere Lettenlagen und — senkrecht auf die Schichtung — durch unregelmässige Klüfte unterbrochen. Seine Farbe ist da, wo es an pflanzlichen Einschlüssen fehlt, rot bis violett, im Übrigen grünlich-grau. Den überaus häufig in ihm sich findenden Abdrücken von Schachtelhalmen und Calamiten verdankt der Schilfsandstein seinen Namen. Seine chemische Zusammensetzung ist selbstverständlich je nach Lage und Fundort eine verschiedene; während in der von mir durchgeführten Analyse eines Schilfsandsteins von Castell die beträchtliche Menge von Thonerde und Eisen auffällt und die zur Untersuchung gelangte Probe als eine Übergangsform der sandigen Letten zum typischen Sandstein erscheinen lässt, entspricht die von v. Bibra ausgeführte Analyse eines Schilfsandsteines aus den berühmten Steinbrüchen von Zeil am Main wohl dem eigentlichen Schilfsandsteine:

	Schilfsandstein aus den Zeiler Brüchen anal. von v. Bibra	Schilfsandstein von Castell anal. vom Verfasser. In 10 % HCl:	
		unlöslich	löslich
SiO^2	75,4	51,17	2,03
Fe^2O^3	3,0	1,14	4,79
Al^2O^3	11,7	13,41	8,96
$Ca^3(PO^4)^2$	CaO = 2,8	—	0,33
MgO	1,4	—	4,02
Na^2O	—	2,59	0,72
K^2O	—	3,94	0,34
H^2O	3,5	—	7,20
Cl	NaCl + Verlust 2,2	—	Spuren
	100,00	72,25	28,39

Nachdem schon in den oberen Schichten der eben verlassenen Abteilung des Keupers die Sandsteinbänke mehr und mehr gegen sandige Lettenschichten zurücktreten, sind in dem nun folgenden Keuperstockwerke wieder

V. Bunte Letten mit einzelnen Steinmergelbänken

in einem ca. 30 Meter mächtigen Lager entwickelt. Da, wie schon erwähnt, die bunten Mergel des ganzen Keupergebiets petrographisch völlig identisch sind, so ist hier nur noch zu erwähnen, dass die hieher gehörigen bunten Letten des Steigerwaldes im Gegensatz zu den aus anderen Keupergebieten stammenden Mergeln keinen Gips führen. — Unter den drei in diesem Niveau sich findenden, übrigens in einer Gesamtmächtigkeit von nur ca. 0,5 Meter entwickelten Steinmergelbänken sind zwei — die obere und die untere — petrographisch völlig gleich und petrefaktenlos; die dritte, mittlere, dagegen ist durch ihren Reichtum an Exemplaren einiger marinen Conchylien [Turbonilla Theodorii (Gashop.) und Anoplophora Münsteri (Bivalve)] vor allen anderen Keuperschichten ausgezeichnet und wird nach einem besonders schön entwickelten Vorkommen in der Nähe von Ansbach auch wohl „Lehrberger Schicht" genannt. Nach einer von mir ausgeführten Analyse einer aus dieser L. Schicht stammenden Gesteinsprobe erweist sich dieselbe als eine dolomitische Kalksteinbildung:

	Lehrberger Schicht. In 10 % HCl	
	unlöslich	löslich
SiO^2	0,55	0,20
$CaCO^3$	—	52,87
$MgCO^3$	—	41,66
CaO	—	0,57
$Ca^3(PO^4)^2$	—	Spuren
Al^2O^3	0,30	0,48
Fe^2O^3	Spuren	0,66
Na^2O	0,28	0,32
K^2O	0,17	0,45
H^2O	—	1,86
Cl	—	0,15
	1,30	99,22

Das wichtigste Glied der nun folgenden Gruppe, welcher als Vorläufer einzelne dünne Sandsteinbänke vorhergehen, ist der

VI. Semionotus-Sandstein,

dessen Lagerung in dieser Etage am besten aus dem von Gümbel (4. Band, 11. Heft der Bavaria) aufgestellten Profile erhellt, das die Entwicklung dieser Gruppe von unten nach oben veranschaulicht wie folgt:

	mittl. Mächtigkeit
Zu unterst Sandsteinbänke von krystallin. Habitus und	2,7 Met.
darüber Letten und krystallinische Sandsteine von	15,95 „
dann folgt d. Niveau des eigentl. Sem.-Sandsteins v.	4,35 „
und den Schluss bildet eine Lettenlage von	8,70 „
Es beträgt somit die mittl. Mächtigkeit der ganzen Etage	29,17 Met.

Obgleich das Leitfossil dieser Gruppe, der Semionotus Bergeri, im fränkischen Keuper bis jetzt noch nicht entdeckt werden konnte, so ist doch dieser Sandstein nach den petrographischen Vergleichungen und dem Niveau identisch mit dem Koburger Vorkommen, das zuerst den Sem. B. lieferte. Der Semionotussandstein, auch Koburger Bausandstein genannt, ist ein sehr fester, schwach rötlich gefärbter, von Glimmerblättchen reichlich durchsetzter Sandstein und bildet ein sehr geschätztes Baumaterial. Nachstehende, von mir ausgeführte Analyse eines Semionotussandsteines möge zur allgemeinen Orientierung über seine chemische Zusammensetzung dienen:

	Semionotus-Sandstein anal. vom Verfasser In 10% HCl:	
	unlöslich	löslich
SiO^2	67,92	1,51
Fe^2O^3	0,28	1,36
Al^2O^3	12,37	3,97
CaO	—	0,23
MgO	1,17	1,29
Na^2O	2,31	0,42
K^2O	3,50	0,14
H^2O	—	4,33
Cl u. P^2O^5	—	Spuren
	87,55	13,25

Über der Etage des Semionotus-Sandsteins lagert der

VII. Stuben- und Burgsandstein,

dessen Entwicklung vom Semionotus-Sandstein bis zum Infra-Lias ich ebenfalls nach der auf Gümbel's Profil gegebenen Darstellung hiehersetze:

	Mächtigkeit
Zu unterst der sog. Kellersandstein von ca.	7,25 Meter
darüber eine Lettenlage von ca.	8,7 „
nun folgt der Hauptstubensandstein mit ca.	5,8 „

und den Schluss bildet eine etwa 20 Meter mächtige Schicht von Letten und dolomitischen Sandsteinen, so dass also die Gesamtmächtigkeit dieser Gruppe ca. 41,75 Meter wäre. — Das grösste Interesse nehmen auch hier wieder die bauwürdigen Sandsteine in Anspruch, so vor allem der Burgsandstein, welcher in mächtigen Brüchen in der Umgebung Nürnbergs gewonnen wird und das Baumaterial der umliegenden Städte bildet. Er ist grobkörnig, weisslich, meist rot- und buntgefleckt und wird stellenweise durch arkosige [1]) Ausbildung so hart, dass er zu Mühlsteinen verwendet werden kann. — Unter Stubensandstein versteht man gewöhnlich eine sehr weisse, lockere Sandsteinbildung, die übrigens an manchen Orten, wie z. B. in Erlangen, ein ganz brauchbares Baumaterial darstellt. — Dass der Quarz bei der Bildung der hierher gehörigen Sandsteine einen Hauptanteil hat, geht aus den von mir und Anderen ausgeführten Analysen zur Genüge hervor:

---

1) Unter Arkose versteht man ein durch Verwitterung von Granit oder Gneis entstandenes Gestein, das aus einem grauweissen Bindemittel besteht, in welchem eckige Körner und grössere Stücke von Quarz, Orthoklas und oft auch Glimmerblättchen liegen. Die Arkose ist nicht an bestimmte Formationen gebunden.

	Stubensandstein von Erlangen analysirt von A. Hilger In 10 % HCl:		Stubensandstein von Koburg analysirt vom Verfasser In 10 % HCl:		Stubensandstein von Ebern analysirt vom Verfasser In 10 % HCl:		Stubensandstein von Bamberg analysirt von v. Bibra
	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	unlöslich	löslich	
SiO^2	91,86	1,20	93,25	0,96	79,14	1,33	91,4
Fe^2O^3	—	0,12	0,32	0,32	0,97	Spuren	1,6
Al^2O^3	3,62	0,28	1,34	1,16	8,03	1,83	2,6
CaO	0,33	0,28	—	0,24	Spuren	0,44	1,7
MgO	—	—	0,16	0,52	1,01	1,06	0,4
Na^2O	0,31	0,10	0,31	0,17	1,35	0,30	—
K^2O	1,06	0,21	0,11	0,16	1,85	0,27	—
SO^3	—	0,48	—	Spuren	—	Spuren	—
P^2O^5	—	0,18	—	„	—	„	—
Cl	—	—	—	„	—	„	u. Verlust 0,4
H^2O	—	0,50	—	1,23	—	3,01	1,9
	97,18	3,35	95,49	4,76	92,35	8,24	100,00

Das letzte Glied der Keuperformation bildet der

VIII. Rhät oder Infra-Lias,

eine 5—10 Meter mächtige Keuperbildung, deren oberstes Glied, der „Bonebedsandstein“, von vielen Geologen bereits zum Lias gezählt wird. Von technischer Bedeutung ist in dieser Gruppe nur der sog. rhätische oder Pflanzen-Sandstein, ein gelblichweisser, fein- bis mittelkörniger Sandstein, der besonders in Bayreuth und Bamberg vielfach als Baumaterial benutzt wird. In den dazwischen liegenden thonigen Schichten finden sich zahlreiche Pflanzenreste, — besonders Equisetaceen —, die sich zuweilen zu schwachen Steinkohlenflözen („Keuperkohle“) anhäufen. Während die dem Infra-Lias entsprechenden Schichten in Württemberg und England eine geradezu massenhafte Anhäufung tierischer Reste aufweisen und desshalb auch mit dem Namen „bone-beds“ bezeichnet werden, zeigt der fränkische Rhät nur an wenigen Stellen spärliche Spuren solcher Überreste, wie schon aus dem geringen Gehalt des von mir untersuchten Infra-Lias-Sandsteins an Phosphorsäure hervorgeht, dessen Analyse ich hier folgen lasse:

	Infra-Lias-Sandstein analysirt vom Verfasser In 10% HCl:	
	unlöslich	löslich
SiO^2	93,22	1,52
Fe^2O^3	0,63	0,18
Al^2O^3	2,36	0,59
CaO	—	—
MgO	Spuren	0,77
Na^2O	0,50	0,19
K^2O	0,19	0,12
H^2O	—	0,78
Cl	—	Spuren
P^2O^5	—	„
	96,90	4,15

Die Keuperwässer.

Nachdem ich im Vorhergehenden die geologische Entwicklung der Keuperformation geschildert und die Resultate der von mir und Anderen ausgeführten Analysen der einzelnen Keuperschichten mitgeteilt habe, gehe ich zum zweiten Teile meiner Abhandlung über, nämlich zur Besprechung der hydrographischen Verhältnisse des Keupergebietes.

Es sei mir gestattet, einige allgemeine Bemerkungen über die Beschaffenheit der natürlichen Wässer vorauszuschicken.

Das Meteorwasser ist das reinste natürliche Wasser; es enthält neben Stickstoff und Sauerstoff, mit denen es gesättigt ist, stets etwas Kohlensäure, Spuren Salpetersäure, salpetriger Säure, Ammoniak und Chlornatrium gelöst, welch' letzteres aus den in der Luft befindlichen Staubteilchen in das Wasser übergeht. Das in den Boden gelangende Meteorwasser sinkt darin so weit, bis es auf eine undurchlässige Schicht, z. B. thonige Gesteine, kommt und sammelt sich dann als sogen. Grundwasser in den Poren und grösseren Hohlräumen des darüber befindlichen Bodens an. Dieses Grundwasser fliesst auf der undurchlässigen Schicht nach der Richtung des grössten Gefälls in Bäche, Flüsse etc. oder tritt als „Quelle“ wieder zu Tag. Bei diesem seinem Laufe durch die verschiedenen Schichten des Bodens laugt es die darin befindlichen

löslichen Teile aus und wir können somit aus den in einem Quell- oder Flusswasser enthaltenen mineralischen Bestandteilen einen mehr oder minder sicheren Schluss auf die chemische Zusammensetzung der Formationen ziehen, welche das Wasser durchlaufen hat, wie auch umgekehrt die genaue Kenntnis der eine Formation zusammensetzenden Gesteinsschichten im allgemeinen eine sichere Handhabe zur Beurteilung der daraus entspringenden Wässer bietet. Dass übrigens die vom Wasser aufgenommenen Mengenverhältnisse der einzelnen Mineralien nicht ausschliesslich von der chemischen Beschaffenheit der durchsickerten Gesteine abhängig sind, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass beispielsweise ein mit Kohlensäure gesättigtes Wasser auf kohlensauren Kalk viel energischer lösend einwirkt, als ein kohlensäurearmes Wasser. — Die reinsten, aus dem Boden entspringenden Wässer sind natürlich diejenigen, welche direkt aus atmosphärischen Niederschlägen stammend nach Filtration durch dünne, humusreiche Erdschichten sich auf einem undurchlässigen Untergrunde sammeln, der aus einem schwer zersetzbaren Gestein besteht. In wie weit diese Vorbedingungen bei unseren Keuperwässern zutreffen, lehrt ein Blick auf das Profil der Keuperformation. Während vom Grenzdolomit aufwärts bis nahe zur Estherienbank der Gips teils in mächtigen Lagern, teils in kleineren Nestern und bandartigen Fortsätzen auftritt und die bunten Mergel trennt oder durchsetzt, verschwindet er mit wenigen lokalen Ausnahmen, die ich in der Folge aufführen werde, in der weiteren Entwicklung der Keuperschichten nach oben vollständig und an seine Stelle treten Sandsteine in Wechsellagerung mit bunten Letten, dolomitischen Kalken etc. — Es ist nun leicht einzusehen, dass ein aus den unteren Keuperstockwerken entspringendes Wasser in der Regel mehr oder weniger gipshaltig sein wird und ich werde im Anschluss an diese Besprechung die Resultate der Analysen einiger solcher Wässer bringen, die derart mit Gips überladen sind, dass ihre technische Verwendung ebenso unmöglich, wie ihre Benützung als Trinkwasser schädlich ist. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass überhaupt jedes aus den unteren Keuperschichten entspringende Wasser eine solche Beurteilung bezw. Verurteilung verdient. Wie die Mächtigkeit der Gipsanhäufungen eine sehr verschiedene ist, so weisen auch die Wässer einen verschiedenen Gipsgehalt auf: neben stark gipshaltigen

Wässern finden wir solche, deren minimaler Gipsgehalt ihre ungehinderte Verwendung gestattet.

In einer ungleich günstigeren Lage befinden sich freilich die Bewohner jener Gegenden, die ihr Wasser aus den oberen Schichten des Keupers erhalten. Die Wasserhorizonte des Schilfsandsteins, des Semionotus- und Stubensandsteins liefern Wässer von fast chemischer Reinheit, die in ihrer Verwendbarkeit für technische Zwecke und für den Hausgebrauch nur von den aus dem Buntsandstein oder dem Urgebirge entspringenden Wässern erreicht werden. Eine Erklärung für diese Thatsache finden wir in den Resultaten der Analysen von Keupersandsteinen, wie sie Mayrhofer in seiner „Hydrographie der Stadt Bamberg“ kurz zusammenfasst, wie folgt: „Die Menge des Bindemittels, das von den Meteorwässern allmählich ausgelaugt wird, schwankt zwischen 0,6—7,0 %: dasselbe besteht aus sehr wasserreichen, also wahrscheinlich leicht zersetzbaren Silikaten der Thonerde und des Eisenoxyds, die ihrerseits 8—30 % Calcium- und Magnesiumoxyd enthalten.“ Dementsprechend ist auch bei der Mehrzahl der aus dem oberen Keupergebiete stammenden Wässer der Trockenrückstand ein ausserordentlich geringer und beträgt im Mittel etwa 0,25 in 1000 Teilen. Überschreitet das Gewicht des Trockenrückstandes eines aus den genannten Schichten entspringenden Wassers diesen Mittelwert um ein mehrfaches, und finden wir ausserdem bei der Analyse einen beträchtlichen Gehalt an Schwefelsäure, so können wir mit Sicherheit behaupten, dass das betreffende Wasser eine der in diesen Schichten so seltenen Gipseinlagerungen passiert und sich dabei mit Gips bereichert hat.

Im Anschluss folgen die Resultate zahlreicher Untersuchungen von Keuperwässern, die teils den von mir selbst vorgenommenen Analysen entstammen, teils in der von mir benützten Literatur sich fanden, teils auch durch die Güte des Herrn Hofrat Hilger mir zur Verfügung gestellt wurden:

Quellwasser der Aisch:

entspringt bei Burgbernheim aus dem Gipskeuper.

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstands enthalten:
Trockenrückstand	2,4726			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,0093136)	K^2O	0,00256	1,09
K^2O	0,00256	Na^2O	0,09397	4,02
NaCl	0,0292	CaO	0,8440	36,14
Na^2SO^4	0,0056	MgO	0,09133	3,91
Na^2O	0,0754	Cl	0,01773	0,76
$CaCO^3$	0,31538	SO^3	1,1333	48,53
$MgCO^3$	0,007108	CO^2 geb.	0,14247	6,10
$CaSO^4$	1,6222	SiO^2	0,00960	0,41
$MgSO^4$	0,26385		2,33499	100,96
SiO^2	0,0096			

Aus dem Gipskeuper entspringen ferner folgende, im königl. Untersuchungsamte zu Erlangen analysierte Quellen:

1000 Teile enthalten:	Tauberwasser bei Rothenburg	Quellwasser in Ipsheim	Quellwasser in Ickelsheim
Trockenrückstand	1,796	2,6568	2,741
$KMnO^4$	0,005	0,013	0,005
NaCl	0,046	0,4095 (in Folge lokaler Verunreinigung)	0,0117
CaO	0,5905	0,402	0,784
MgO	Spuren	0,2381	0,136
SO^3	0,7779	0,6289	0,308

Wasser[1])

eines aus dem unteren Keuper gespeisten Brunnens in Hofheim.

1000 Teile enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
KCl	0,04535	K^2O	0,03330	3.95
NaCl	0,02705	Na^2O	0,01384	1,64
$CaCl^2$	0,06429	FeO	0,00117	0,13
$Ca(NO^2)^2$	0,03473	CaO	0,17910	21,29
NH^4NO^3	Spuren	MgO	0,14732	17,51
$Ca(NO^3)^2$	0,04555	N^2O^3	0,0200	2,37
$CaSO^4$	0,28233	N^2O^5	0,0301	3,56
$MgSO^4$	0,01318	Cl	0,07801	9,27
$MgCO^3$	0,28169	SO^3	0,17348	20,38
SiO^4	0,00740	CO^2 geb.	0,15006	18,95
$FeCO^3$	0,00188	SiO^2	0,00740	0,19
	0,80345		0,83380	99,24 %

Quellwasser der Tauber:

entspringt auf dem Marktplatze von Wettringen.

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	1,6555			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,0093136)	K^2O	0,01179	0.80
K^2O	0,01179	Na^2O	0,01819	1,24
NaCl	0,00682	CaO	0,56088	38,23
Na^2SO^4	0,033025	MgO	0,04888	3,33
$CaCO^3$	0,30364	Cl	0,00414	0,28
$MgCO^3$	0,004034	SO^3	0,67080	45,72
$CaSO^4$	0,94915	CO^2 geb.	0,13571	9,25
$MgSO^4$	0,14088	SiO^2	0,01666	1,13
SiO^2	0,01666		1,46705	99,98 %

1) Friedrich Pecher, Inauguraldissert., Würzburg 1887.

Das Wasser[1]) der Trinkquelle des Wildbades Burgbernheim:

entspringt aus dem Schilfsandstein, hat aber lokale Gipseinlagerungen passiert, wie die folgende Analyse beweist:

1000 Teile enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
KCl	0,01335	K^2O	0,0 0841	1,13
NaCl	0,01	Na^2O	0,00530	0,72
$CaCl^2$	0,00762	CaO	0,21760	29,76
$CaSO^4$	0,44898	MgO	0,08769	12,17
$CaCO^3$	0,05519	FeO	0,00198	0,27
$MgCO^3$	0,1890	SO^3	0,26411	35,72
$FeCO^3$	0,00316	Cl	0,01730	2,34
SiO^2	0,00700	CO^2 geb.	0,12515	16,93
		SiO^2	0,00700	0,94
	0,7343		0,7345	99,98 %

Den Keupersandsteinen entspringt das Wasser der Osterbrunnenquelle bei Seibothenreuth[2]):

1000 Teile enthalten:				
NaCl	—	Na^2O	—	—
KCl	0,0042	K^2O	0,0077	20,70[3])
$CaCl^2$	—	CaO	0,0091	24,46
$Ca(NO^3)^2$	Spuren	MgO	0,0032	8,60
NH^4NO^3	—	Cl	0,0020	5,37
$CaSO^4$	0,0008	SO^3	0,0048	12,90
$CaCO^3$	0,0157	N^2O^5	Spuren	Spuren
$MgCO^3$	0,0067	CO^2 geb.	0,0105	28,22
K^2SO^4	0,0094	NH^3	—	—
	0,0368		0,0373	100,25

1) F. Pecher, Inauguraldiss., Würzburg 1887.

2) Späth, Inauguraldiss., Erlangen 1889.

3) Den grossen Kaligehalt glaubt Späth auf die in der Etage der Keupersandsteine zuweilen vorkommenden Arkosen zurückführen zu müssen.

Wasser[1]) der Fuchssteiner Leitung,

den Lehrberger Schichten entspringend.

1000 Teile enthalten:				100 Teile des Rückstandes enthalten:
$NaCl$	0,0022	Na^2O	0,0012	1,47
KCl	0,00079	K^2O	0,0005	0,61
$CaCl^2$	0,00233	CaO	0,0276	34,03
$CaSO^4$	0,0263	MgO	0,0097	11,96
$CaCO^3$	0,0280	Cl	0,0032	3,94
$MgCO^3$	0,0203	SO^3	0,0155	19,01
N^2O^5	0,0005	N^2O^5	0,0005	0,61
		CO^2 geb.	0,0230	28,36
	0,08042		0,0812	99,98 %

Wasser[2]) der Saaser Leitung,

dem Rhät entspringend:

1000 Teile enthalten:				100 Teile des Rückstandes enthalten:
$NaCl$	0,00330	Na^2O	0,0018	2,7
KCl	0,00126	K^2O	0,0008	1,2
$CaCl^2$	0,00140	CaO	0,0214	32,08
$Ca(NO^3)^2$	0,0179	MgO	0,0068	10,19
$NH^4 . NO^3$	Spur	Cl	0,0035	5,23
$CaSO^4$	0,00527	SO^3	0,0031	4,64
$CaCO^3$	0,0220	N^2O^5	0,0118	27,69
$MgCO^3$	0,01043	CO^2 geb.	0,0174	16,08
		NH^3	0,0002	0,30
	0,06156		0,06680	100,11 %

1) Späth, Inauguraldiss., Erlangen 1889.

2) Späth, Inauguraldiss., Erlangen 1889.

Aus dem Gebiete der Keupersandsteine kommen ferner folgende Quellen, welche jeweilen bei ihrem Ursprunge von mir entnommen wurden:

Wörnitz:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,3488			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,0066526)	K^2O	0,008985	3,08
K^2O	0,008985	Na^2O	0,00835	2,87
NaCl	0,01169	CaO	0,08366	28,76
Na^2O	0,00199	MgO	0,04244	14,59
$CaCO^3$	0,14682	Cl	0,00710	2,44
$MgCO^3$	0,08030	SO^3	0,00991	3,40
$CaSO^4$	0,003472	CO^2 geb.	0,10659	36,65
$MgSO^4$	0,01805	SiO^2	0,02377	8,17
N^2O^5	Spuren	N^2O^5	Spuren	—
SiO^2	0,02377		0,29080	99,96

Altmühl:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,4055			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,021953)	K^2O	0,00695	1,76
KCl	0,0110	Na^2O	0,00884	2,23
NaCl	0,0160	$Al^2O^3+Fe^2O^3$	0,00110	0,27
$CaCO^3$	0,1715	CaO	0,11480	29,08
$MgCO^3$	0,1042	MgO	0,05915	14,98
$CaSO^4$	0,04541	Cl	0,01420	3,59
$MgSO^4$	0,02856	SO^3	0,04574	11,58
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,0011	CO^2 geb.	0,12995	32,92
SiO^2	0,01395	SiO^2	0,01395	3,53
N^2O^5	Spuren	N^2O^5	Spuren	—
			0,39468	99,94 %

Rezat:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,12366			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,009978)	K^2O	0,00638	6,38
K^2O	0,00638	Na^2O	0,01291	12,91
NaCl	0,00973	$Al^2O^3+Fe^2O^3$	0,00586	5,86
Na^2O	0,007428	CaO	0,01060	10,60
$MgCO^3$	0,012495	MgO	0,00800	8,00
$CaSO^4$	0,031788	Cl	0,00591	5,91
$MgSO^4$	0,002256	SO^3	0,01664	16,64
MgO	0,00130	CO^2 geb.	0,00653	6,53
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,00586	SiO^2	0,02720	27,20
N^2O^5	Spuren	N^2O^5	—	—
SiO^2	0,0272		0,10003	100,03 %

Zenn:

In 1000 Teilen sind enthalten:		1000 Teile enthalten:		100 Teile des Rückstandes enthalten:
Trockenrückstand	0,65426			
($KMnO^4$ auf 1 Liter =	0,004989)	K^2O	0,0060	0,97
K^2O	0,006	Na^2O	0,01557	2,51
NaCl	0,01871	$Al^2O^3+Fe^2O^3$	0,00226	0,36
Na^2O	0,005226	CaO	0,15250	24,67
$CaCO^3$	0,2524	MgO	0,12110	19,59
$MgCO^3$	0,09183	Cl	0,01136	1,83
$CaSO^4$	0,02695	SO^3	0,13952	22,57
$MgSO^4$	0,1855	CO^2 geb.	0,15908	25,73
MgO	0,01554	SiO^2	0,01070	1,73
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	0,00226	N^2O^5	Spuren	—
SiO^2	0,0107		0,61809	99,96 %
N^2O^5	Spuren			

Die quantitative Analyse der Gesteine

wurde von mir nach folgender Methode ausgeführt:

Ca. 1 Gramm der fein gepulverten und gebeutelten Substanz wurde mit 10% Salzsäure eine Stunde hindurch auf dem Wasserbade digeriert und hierauf der von der Säure nicht gelöste Teil durch Filtration von dem in Lösung gegangenen getrennt.

1) Aus der so erhaltenen salzsauren Lösung wurde die hydratische Kieselsäure durch wiederholtes Abdampfen mit Salzsäure abgeschieden, das Filtrat mit etwas Salpetersäure behufs Oxydation des vorhandenen Eisens versetzt, kurze Zeit gekocht, nun mit Ammoniak in mässigem Überschuss versetzt und nochmals kurze Zeit gekocht. Der entstehende Niederschlag von Eisen- und Aluminiumhydroxyd wurde behufs Entfernung des mitgerissenen Kalkes in Salzsäure gelöst und die Fällung mit Ammoniak wiederholt. Die vom Niederschlage abfiltrierte Flüssigkeit wurde nun in zwei gleiche Teile geteilt: In der einen Hälfte wurden Kalk und Magnesia in bekannter Weise als Oxalat bezw. Ammoniumphosphat gefällt; in der andern Hälfte wurden nach Fällung des Kalks mit oxalsaurem Ammonium die Alkalien durch Behandlung mit feuchtem Quecksilberoxyd vom Magnesium getrennt, zur Trockne gebracht, gewogen, dann mit Wasser aufgenommen und mit Platinchlorid abermals verdampft. Das dabei entstehende in Äther-Alkohol unlösliche Kaliumplatinchlorid wurde im Wägeglas bei 100° getrocknet. Die Menge des vorhandenen Natriums ergibt sich aus der Differenz des Gewichtes der Gesamtalkalien und des Kaliumchlorids.

2) Der bei der Digestion des Gesteins mit 10% Salzsäure verbliebene Rückstand wurde nach vorherigem Glühen und Wägen wiederholt mit Flusssäure abgedampft und schliesslich zum Zwecke völliger Verjagung der Flusssäure gelinde geglüht. Die alsdann mit Hilfe von Salzsäure hergestellte Lösung wurde behandelt wie unter 1) beschrieben.

Das Eisen wurde aus den betreffenden Eisen-Aluminium-Niederschlägen mittelst chlorsauren Kalis und Salzsäure extrahiert, durch Erwärmen mit metallischem Zink in Oxydulsalz übergeführt und auf volumetrischem Wege mittelst Kaliumpermanganats bestimmt.

Zur Bestimmung der Gesamtkieselsäure wurde ca. 1 Gramm der Substanz mit der mehrfachen Menge einer Mischung von kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali geschmolzen, die Schmelze nach dem Erkalten wiederholt mit Salzsäure verdampft und schliesslich bei ca. 120° einige Stunden im Trockenkasten ausgetrocknet. Beim Aufnehmen der so behandelten Schmelze mit verdünnter Salzsäure scheidet sich die Kieselsäure quantitativ ab und wird auf dem Filter gesammelt. In der Lösung

wurde nach Ausfällen von Eisen, Aluminium, Calcium und Magnesium die Schwefelsäure mit Baryumchlorid gefällt.

Das Chlor wurde in der salpetersauren Lösung der Substanz gewichtsanalytisch bestimmt.

Der Nachweis der Phosphorsäure geschah in dem bei der Gesamtkieselsäurebestimmung erhaltenen Eisen-Aluminium-Niederschlage durch Schmelzen desselben mit kohlensaurem Natron-Kali, Auskochen der Schmelze mit Wasser und Versetzen der dabei erhaltenen und mit Salpetersäure angesäuerten Lösung mit Ammoniummolybdat. Der durch längeres Stehen völlig abgeschiedene gelbe Niederschlag von Ammonium-Molybdophosphat wurde in Ammoniak gelöst und in dieser Lösung durch Magnesiamischung die Phosphorsäure gefällt.

Zur quantitativen Bestimmung der Kohlensäure bediente ich mich des Bunsen'schen Apparates, der auf der Verlustmethode basiert und recht gute Resultate liefert.

Die Wasserbestimmungen wurden durch Erhitzen der Substanz im Bajonettrohr und Auffangen des entweichenden Wassers im Chlorcalciumrohr ausgeführt.

Zur Orientierung über den von mir eingeschlagenen Weg der

quantitativen Untersuchung der Keuperwässer

mögen folgende Mitteilungen dienen:

Behufs Bestimmung des Trockenrückstandes wurden ein bis zwei Liter des betreffenden Wassers in Platinschalen auf dem Wasserbade verdampft, der Rückstand einige Stunden bei 110° getrocknet, dann gewogen und mit verdünnter Salzsäure aufgenommen. Die Bestimmung der hydratischen Kieselsäure, des Eisens und Aluminiums, des Calciums, Magnesiums und der Alkalien geschah in gleicher Weise, wie bei der quantitativen Gesteinsanalyse.

Durch zwölfstündiges Kochen von ein bis zwei Litern des zu untersuchenden Wassers unter beständigem Ersatz des verdampfenden Wassers wurden die Bikarbonate des Calciums und Magnesiums zur Ausscheidung gebracht und bestimmt.

Zur Ermittlung des durch die organischen Substanzen bedingten Grades der Oxydierbarkeit des Wassers wurden 50 cc desselben mit 5 cc verdünnter Schwefelsäure (1 : 3) versetzt und mit 10 cc $^1/_{100}$ Normal-Chamäleonlösung ca. 10 Minuten gekocht; hierauf wurden 10 cc $^1/_{100}$ Normal-Oxalsäurelösung zugefügt und mit $^1/_{100}$ Normal-Chamäleon bis eben zur beginnenden Rötung austitriert. Bei der Berechnung wurde angegeben, wie viel Kaliumpermanganat zur Oxydation der in einem Liter des betr. Wassers enthaltenen organischen Substanz erforderlich war.

Das Chlor wurde auf massanalytischem Wege nach der von Mohr angegebenen Methode durch Titration mit Silberlösung bestimmt.

Zur Feststellung des Gehalts an Schwefelsäure wurden ca. 400 cc des betr. Wassers mit Salzsäure angesäuert, etwa zur Hälfte eingedampft und dann in der Siedhitze mit Chlorbaryumlösung versetzt; das ausgeschiedene Baryumsulphat wurde nach den bekannten Vorsichtsmassregeln gewaschen, getrocknet und geglüht.

Die Untersuchung auf Ammoniak geschah kolorimetrisch in dem von Calcium- und Magnesiumkarbonat befreiten Wasser mit Hilfe des Nessler'schen Reagens. Da in den von mir analysierten Keuperwässern Ammoniak überhaupt nicht nachweisbar war, fand die von Frankland und Armstrong vorgeschlagene Methode des quantitativen Nachweises auf kolorimetrischem Wege keine Anwendung.

Auf salpetrige Säure — das erste Oxydationsprodukt des aus stickstoffhaltigen, organischen Substanzen stammenden Ammoniaks – wurde in schwefelsaurer Lösung mit Jodzinkstärkelösung geprüft.

Die in geringen Spuren in einigen der von mir untersuchten Keuperwässer vorkommende Salpetersäure — das letzte Oxydationsprodukt stickstoffhaltiger organischer Substanzen — wurde mittelst der Indigomethode nachgewiesen.